

BEST AVAILABLE COPY

PAT-NO: JP02004149843A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2004149843 A
TITLE: METHOD FOR IMPROVING TOUGHNESS IN HEAT
AFFECTED ZONE IN WELDED JOINT OF STEEL PRODUCT
PUBN-DATE: May 27, 2004

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
ISHIKAWA, TADASHI	N/A
NAKAJIMA, KIYOTAKA	N/A
NOSE, TETSUO	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NIPPON STEEL CORP	N/A

APPL-NO: JP2002315396

APPL-DATE: October 30, 2002

INT-CL (IPC): C21D007/06, B23K031/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for improving toughness in a heat affected zone in a multilayered weld joint, a fillet weld joint and a high-heat input weld joint by one pass or several passes, all of a steel product.

SOLUTION: This improving method is characterized by striking treatment with an ultrasonic vibration terminal or shot peening treatment with an ultrasonic vibration steel ball carried out onto the surface of the heat affected zone formed by the final pass for the multilayer weld joint of the steel product, which makes the average value of each major axis of crystals existing

in the
layer from the surface to 2 mm or deeper of the steel product to be
equivalent
to the crystal grain size in the base metal before welding in the 1/4
depth of
the sheet thickness t from the surface of the steel product, in a
metal
structure adjacent to a fusion line (FL) between the base metal and a
welding
metal in the heat affected zone formed by the final pass.

COPYRIGHT: (C)2004,JPO

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-149843

(P2004-149843A)

(43) 公開日 平成16年5月27日(2004.5.27)

(51) Int.Cl.⁷C21D 7/08
B23K 31/00

F1

C21D 7/08
B23K 31/00
B23K 31/00A
A
G

テーマコード(参考)

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2002-315396(P2002-315396)
(22) 出願日 平成14年10月30日(2002.10.30)(71) 出願人 000006655
新日本製鐵株式会社
東京都千代田区大手町2丁目6番3号
(74) 代理人 100097995
弁理士 松本 悦一
(74) 代理人 100074790
弁理士 椎名 強
(72) 発明者 石川 忠
千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株
式会社技術開発本部内
(72) 発明者 中島 清孝
千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株
式会社技術開発本部内
(72) 発明者 野瀬 哲郎
千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株
式会社技術開発本部内

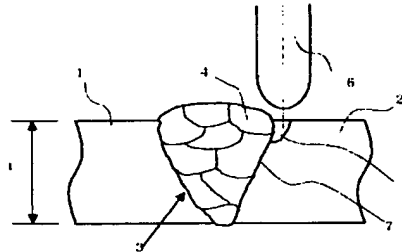
(54) 【発明の名称】 鋼材の溶接継手における熱影響部の靱性向上方法

(57) 【要約】

【課題】 鋼材の多層溶接継手、隅肉溶接継手、1パスまたは数パスの大入熱溶接継手における熱影響部の靱性向上方法を提供する。

【解決手段】 鋼材の多層溶接継手の最終パスにより形成された熱影響部の表面に、超音波振動端子による打撃処理または超音波振動鋼球によるショットピーニング処理を行うことにより、前記最終パスによって形成された熱影響部における溶接金属と母材とのフュージョンライン(F L)に隣接する金属組織において、前記鋼材表面から2mm以上の深さまでの各結晶の長径の平均を、該鋼材表面から板厚 t の $1/4$ の深さにおける溶接前の母材の結晶粒径相当とすることを特徴とする鋼材の溶接継手における熱影響部の靱性向上方法。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項1】

鋼材の多層溶接継手の最終パスにより形成された熱影響部の表面に、超音波振動端子による打撃処理または超音波振動鋼球によるショットピーニング処理を行うことにより、前記最終パスによって形成された熱影響部における溶接金属と母材とのフュージョンライン（FL）に隣接する金属組織において、前記鋼材表面から2mm以上の深さまでの各結晶の長径の平均を、該鋼材表面から板厚 t の $1/4$ の深さにおける溶接前の母材の結晶粒径相当とすることを特徴とする鋼材の溶接継手における熱影響部の靱性向上方法。

【請求項2】

鋼材の隅肉溶接継手の止端部の近傍に、超音波振動端子による打撃処理または超音波振動鋼球によるショットピーニング処理を行うことにより、前記止端部の近傍の熱影響部における溶接金属と母材との融合線に隣接する金属組織において、前記鋼材表面から2mm以上の深さまでの各結晶の長径の平均を、該鋼材表面から板厚 t の $1/4$ の深さにおける溶接前の母材の結晶粒径相当とすることを特徴とする鋼材の溶接継手における熱影響部の靱性向上方法。

【請求項3】

前記鋼材表面から2mm以上の深さまでの各結晶の長径の平均が $30\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の鋼材の溶接継手における熱影響部の靱性向上方法。

【請求項4】

鋼材の1パスまたは数パスの大入熱溶接継手の止端部の近傍に、超音波振動端子による打撃処理または超音波振動鋼球によるショットピーニング処理を行うことにより、前記止端部に形成された融合不良部の長さを 0.3mm 以下とすることを特徴とする鋼材の溶接継手における熱影響部の靱性向上方法。

【請求項5】

前記超音波振動端子による打撃処理または超音波振動鋼球によるショットピーニング処理の処理前または処理中に、前記鋼材を補助加熱することを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれか1項に記載の鋼材の溶接継手における熱影響部の靱性向上方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、建築、造船、橋梁、建設機械、海洋構造物などの溶接構造物に用いられる鋼材の溶接継手における熱影響部の靱性向上方法に関する。

具体的には、多層溶接継手、隅肉溶接継手、1パスまたは数パスの大入熱溶接継手における熱影響部の靱性向上方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

一般に、建築、造船、橋梁、建設機械、海洋構造物などの溶接構造物に用いられる溶接継手として、多数のパスにより溶接を行う多層溶接継手、鋼材同士を垂直に組み合わせたコーナー部を溶接する隅肉溶接継手、大入熱の溶接による1パスまたは数パスの溶接継手がある。

以下、それぞれの溶接継手の熱影響部の靱性に関する従来の問題点について詳述する。

【0003】

<多層溶接継手>

多層溶接継手では、溶接による入熱によって鋼材の金属組織が粗大化するが、後続の溶接パスによって、結晶粒が粗大化した領域が再度加熱されるため細粒化されるので、熱影響部（HAZ部、以下同じ）においても高い靱性が確保されている。

しかし、鋼材表面に近い最終パスによって形成されたHAZ部は、後続の溶接パスがないので、再加熱による細粒化がなされず、結晶粒は粗大になったままとなり、破壊靱性が大きく劣化する。

10

20

30

40

50

例えば、金属便覧、日本金属学会編（改訂5版）、丸善株式会社、P1072、図16-50に、溶接熱影響部の金属組織について、金属組織は加熱によって一度完全にオーステナイトとなり、それが極めて粗粒化し、硬化しやすく、割れが生じやすいことが開示されている。

【0004】

これを解決するために、従来は、所定の溶接が終了した後も、引き続いて溶接を行い、当該部を盛り上げた状態まで溶接して金属組織を細粒化させた後に、不要な余盛りの部分をグラインダー等で研削することにより、再熱を受けて細粒化したHAZしか存在させないようにする対策がとられることがあった。

しかし、このような対策では、余分な溶接作業が必要となるうえ、グラインダー等による研削作業がさらに必要なため、施工コスト、工程負荷が大きいという問題点があり、現実的ではなかった。

<隅肉溶接継手>

鋼材同士を垂直に組み合わせたコーナー部を溶接する隅肉溶接継手においても、止端部の近傍のHAZ部は結晶粒が粗大化しており、前述の多層溶接継手と同様の問題点があった。

【0005】

<大入熱溶接継手>

大入熱の溶接による1パスまたは数パスの溶接継手を適用する鋼材は、一般に後続の溶接パスによる再入熱を受けなくてもHAZ組織の粗粒化を防止できるように、母材中のTiNや酸化物等を微細分散させることによって、オーステナイト粒の成長を、TiNや酸化物等によるピンニング効果によって抑制できるように設計されている。

しかし、溶接の入熱量が大きいとHAZ組織が粗大化しやすいので入熱量を制限したり、また、溶接効率を向上させるために、開先を狭くかつ垂直に近くする場合には、母材が充分溶融されず溶接金属の方が早く凝固してしまうため、溶接の融合不良が生じやすくなり、特に止端部にアンダーカットが発生しこの部分が応力集中部となって破壊の起点となるため破壊靱性が著しく低下するという問題点があった。

【0006】

また、溶接部に超音波振動を与える方法に関する従来技術としては、例えば、米国特許第6,171,415号明細書に、アーク溶接直後に溶接アークによって熱せられた溶接シーム部に沿って超音波振動を付与する方法が開示されている。しかし、この従来技術は、超音波振動子で打撃することにより疲労強度を向上させる方法であって、本発明が目的とするHAZ部の金属組織の細粒化や融合不良部の圧着による靱性向上については全く開示されていない。

【0007】

【特許文献1】米国特許第6,171,415号明細書

【非特許文献1】金属便覧、日本金属学会編（改訂5版）、丸善株式会社、P1072、図16-50

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、前述のような従来技術の問題点を解決し、鋼材の多層溶接継手、隅肉溶接継手、1パスまたは数パスの大入熱溶接継手における熱影響部の靱性向上方法を提供することを課題とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明は前述の課題を解決するために鋭意検討の結果なされたものであり、鋼材の溶接継手の止端部の近傍に、超音波振動端子による打撃処理または超音波振動鋼球によるショットピーニング処理を行うことにより、鋼材の多層溶接継手、隅肉溶接継手、1パスまたは数パスの大入熱溶接継手における熱影響部の靱性向上方法を提供するものであり、その要旨とするところは特許請求の範囲に記載した通りの下記内容である。

【0010】

(1) 鋼材の多層溶接継手の最終パスにより形成された熱影響部の表面に、超音波振動端子による打撃処理または超音波振動鋼球によるショットピーニング処理を行うことにより、前記最終パスによって形成された熱影響部における溶接金属と母材とのフュージョンライン (FL) に隣接する金属組織において、前記鋼材表面から 2 mm 以上の深さまでの各結晶の長径の平均を、該鋼材表面から板厚 t の $1/4$ の深さにおける溶接前の母材の結晶粒径相当とすることを特徴とする鋼材の溶接継手における熱影響部の靱性向上方法。

(2) 鋼材の隅肉溶接継手の止端部の近傍に、超音波振動端子による打撃処理または超音波振動鋼球によるショットピーニング処理を行うことにより、前記止端部の近傍の熱影響部における溶接金属と母材との融合線に隣接する金属組織において、前記鋼材表面から 2 mm 以上の深さまでの各結晶の長径の平均を、該鋼材表面から板厚 t の $1/4$ の深さにおける溶接前の母材の結晶粒径相当とすることを特徴とする鋼材の溶接継手における熱影響部の靱性向上方法。

【0011】

(3) 前記鋼材表面から 2 mm 以上の深さまでの各結晶の長径の平均が $30 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする (1) または (2) に記載の鋼材の溶接継手における熱影響部の靱性向上方法。

(4) 鋼材の 1 パスまたは数パスの大入熱溶接継手の止端部の近傍に、超音波振動端子による打撃処理または超音波振動鋼球によるショットピーニング処理を行うことにより、前記止端部に形成された融合不良部の長さを 0.3 mm 以下とすることを特徴とする鋼材の溶接継手における熱影響部の靱性向上方法。

(5) 前記超音波振動端子による打撃処理または超音波振動鋼球によるショットピーニング処理の処理前または処理中に、前記鋼材を補助加熱することを特徴とする (1) 乃至 (4) のいずれかに記載の鋼材の溶接継手における熱影響部の靱性向上方法。

【0012】

【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態について、図 1 乃至図 6 を用いて詳細に説明する。

<第 1 の実施形態>

図 1 は、本発明の鋼材の多層溶接継手における熱影響部の靱性向上方法である第 1 の実施形態を示す図である。

図 1 において、鋼材 1 と鋼材 2 とが多層溶接継手によって接合されており、3 は溶接金属、4 は最終の溶接パス、5 は最終の溶接パスにより形成された熱影響部 (HAZ 部)、6 は超音波振動端子、7 は母材と溶接金属とのフュージョンライン (FL)、 t は母材の板厚を示す。

多層溶接継手においては、溶接の入熱によって HAZ 部の金属組織が粗大化しても、後続のパスによって再度加熱されるので、熱サイクルによって結晶が細粒化し高い靱性が維持される。

しかし、図 1 の最終の溶接パス 4 によって加熱された HAZ 部 5 は、後続のパスがないので、結晶粒は粗大化したままの状態となっている。

【0013】

そこで、超音波振動端子 (ハンマー) 6 によって、HAZ 部 5 の表面を打撃する超音波衝撃処理によって、HAZ 部の金属組織を細粒化させ、その結果として、靱性を著しく向上させることができる。

このメカニズムは明らかではないが、超音波振動端子 6 により高周波の打撃によって、鋼材の表面が塑性変形し、その加工発熱によって、HAZ 部の金属組織が再結晶して細粒化するものと考えられる。

なお、この加工発熱による再結晶を促進するため、超音波振動端子による打撃処理または超音波振動鋼球によるショットピーニング処理の処理前または処理中に鋼材を補助加熱することが好ましく、この補助加熱方法は問わないが、大規模な設備の不要な誘導加熱方法もしくは通電加熱方法が好ましい。

【0014】

本発明に使用する超音波発生装置は問わないが、200w～3kwの電源を用いて、トランスデューサによって19kHz～60kHzの超音波振動を発生させ、ウェーブガイドにて増幅させることにより、 $\phi 5\text{mm} \sim \phi 30\text{mm}$ のピンからなる超音波振動端子を20～60 μm の振幅で振動させる装置が好ましい。

また、超音波振動端子6の代わりに、超音波により振動を与えた直径1～3mmの鋼球を鋼材表面に衝突させる超音波ショットピーニング処理を行ってもよい。

なお、本実施形態においては、鋼材2側のHAZ部の表面に超音波衝撃処理または超音波ショットピーニング処理を行っているが、鋼材1側のHAZ部の表面に超音波衝撃処理または超音波ショットピーニング処理を行ってもよい。

10

【0015】

図2は、図1におけるHAZ部5の詳細図である。

図2において、3は溶接金属、7は溶接金属と母材とのフュージョンライン(FL)、8はフュージョンライン(FL)に隣接する結晶粒、10は止端部を示す。

図2において、最終パスによって形成されたHAZ部5における溶接金属3と母材とのフュージョンライン(FL)7に隣接する結晶粒8において、鋼材表面からの深さ t_0 が2mm以上の深さまでの各結晶の長径の平均を、鋼材表面から板厚 t の $1/4$ の深さにおける溶接前の母材の結晶粒径相当とする。

なお、ここでの母材の結晶組織としては、用いられる鋼材により、フェライト組織、フェライトパーライト組織、ベイナイト組織、マルテンサイト組織等の1つまたは2つ以上の組み合わせの金属組織が許容される。

20

また、母材の結晶粒径相当の上限としては、熱影響部の韌性向上の目的を満たすうえで、母材の結晶粒径の120%以下まで許容できるものとし、結晶粒が細かい程韌性が向上することから下限は設けないこととする。

t_0 を2mm以上の深さまでとするのは、2mm未満では韌性向上効果が不十分だからである。

また、各結晶の長径の平均を、鋼材表面から板厚 t の $1/4$ の深さにおける溶接前の母材の結晶粒径相当とするのは、溶接前の母材における代表的な場所における韌性と同等の韌性を確保できれば十分だからであり、この韌性向上効果を十分発揮させるためには各結晶の長径の平均を30 μm 以下とすることが好ましい。

30

なお、破壊の単位尺度として、破壊韌性とより高い相関関係にある結晶の長径を採用した。

また、ここでのHAZのフュージョンラインに隣接する結晶粒は、用いられる鋼材により、母材と同種の結晶組織の他、これらの組織が粒界フェライトやフェライトサイドプレートで一部または全部を縁取られた結晶組織からなるものとする。

【0016】

<第2の実施形態>

図3は、本発明の鋼材の隅肉溶接継手における熱影響部の韌性向上方法である第2の実施形態を示す図である。

図3において、鋼材1と鋼材2とが垂直に組み合わされたコーナー部を隅肉溶接により接合されており、3は溶接金属、4は止端部に隣接する溶接パス、5は止端部に隣接するパスにより形成された熱影響部(HAZ部)、6は超音波振動端子、7は母材と溶接金属とのフュージョンライン(FL)、 t は母材の板厚、10は止端部を示す。

40

図2に示す隅肉溶接継手においては、主応力のかかる鋼材1の止端部10が最も応力が集中し易く破断の起点となることが多いので、破壊韌性が要求される部分である。

この隅肉溶接継手は、前述の多層溶接継手とはビード形状が異なるため、溶接パス4の後に続く溶接パスの入熱によるHAZ部の細粒化効果は比較的小さい。

【0017】

そこで、最も破壊韌性が要求される止端部の近傍を超音波振動端子(ハンマー)6によって打撃する超音波衝撃処理によって、HAZ部の金属組織を細粒化させ、その結果として

50

、靱性を著しく向上させることができる。

このメカニズムは明らかではないが、超音波振動端子6により高周波の打撃によって、鋼材の表面が塑性変形し、その加工発熱によって、HAZ部の金属組織が再結晶して細粒化するものと考えられる。

なお、この加工発熱による再結晶を促進するため、超音波振動端子による打撃処理または超音波振動鋼球によるショットピーニング処理の処理前または処理中に鋼材を補助加熱することが好ましく、この補助加熱方法は問わないが、大規模な設備の不要な誘導加熱方法もしくは通電加熱方法が好ましい。

【0018】

本発明に使用する超音波発生装置は問わないが、200w～3kwの電源を用いて、トランスデューサによって19kHz～60kHzの超音波振動を発生させ、ウェーブガイドにて増幅させることにより、 $\phi 5\text{mm} \sim \phi 30\text{mm}$ のピンからなる超音波振動端子を20～60 μm の振幅で振動させる装置が好ましい。

また、超音波振動端子6の代わりに、超音波により振動を与えた直径1～3mmの鋼球を鋼材表面に衝突させる超音波ショットピーニング処理を行ってもよい。

また、止端部の近傍の熱影響部における溶接金属と母材との融合線に隣接する金属組織において、前記鋼材表面から2mm以上の深さまでの各結晶の長径の平均を、該鋼材表面から板厚 t の $1/4$ の深さにおける溶接前の母材の結晶粒径相当とするHAZ部の細粒化の条件および理由は、多層溶接継手の場合と同様である。

【0019】

<第3の実施形態>

図4は、本発明の鋼材の1パスまたは数パスの大入熱溶接継手における熱影響部の靱性向上方法である第3の実施形態を示す図である。

図4において、鋼材1と鋼材2とが大入熱溶接継手によって接合されており、3は溶接金属、4は最終の溶接パス、6は超音波振動端子、7は母材と溶接金属とのフュージョンライン(FL)、9は融合不良部(アンダーカット)、10は止端部、 t は母材の板厚を示す。

1パスまたは数パスの大入熱溶接継手においては、溶接の入熱量が大きいとHAZ組織が粗大化するため、できるだけ入熱量を小さくしようとして、また、溶接効率を向上させるために、開先を狭くかつ垂直に近くする場合があります、このような場合には、母材が十分に溶融する前に溶接金属の方が早く凝固してしまう危険性があり、溶接の融合不良が生じやすい。

【0020】

特に、止端部10に融合不良部(アンダーカット)9が発生しこの部分が応力集中部となり破壊の起点となるため破壊靱性が著しく低下する。

そこで、大入熱溶接継手の止端部10の近傍に、超音波振動端子6による打撃する超音波衝撃処理または超音波振動鋼球による超音波ショットピーニング処理を行うことにより、止端部10に形成された融合不良部の長さを0.3mm以下とする。

なお、超音波衝撃処理装置および超音波ショットピーニング処理装置は、多層溶接継手や隅肉溶接継手の場合と同様である。

融合不良部の長さを0.3mm以下とするのは、融合不良部の長さが0.3mm超では、溶接継手部に引張応力が作用した場合に融合不良部の切り欠きが破断の起点になり易く、破壊靱性値が著しく低減するからである。

【0021】

図5および図6により、本発明の第3の実施形態において、超音波衝撃処理または超音波ショットピーニング処理により靱性が向上するメカニズムを説明する。

図5および図6は、それぞれ超音波衝撃処理または超音波ショットピーニング処理を行う前後の融合不良部を示す図であり、7は母材と溶接金属とのフュージョンライン(FL)、9は融合不良部(アンダーカット)を示す。

図5に示すように、超音波衝撃処理または超音波ショットピーニング処理を行う前の融合

10

20

30

40

50

不良部 9 は深さ方向に長くなっている。

一方、超音波衝撃処理または超音波ショットピーニング処理を行った後の融合不良部 9 は、図 6 に示すように鋼材の厚さ方向に押しつぶされて、著しく短くなって圧着されているため、溶接継手に引張応力が働いた場合でも、破断の起点となりにくく、破壊靱性は著しく向上する。

なお、この融合不良部の圧着効果を促進するため、超音波振動端子による打撃処理または超音波振動鋼球によるショットピーニング処理の処理前または処理中に鋼材を補助加熱することが好ましく、この補助加熱方法は問わないが、大規模な設備の不要な誘導加熱方法もしくは通電加熱方法が好ましい。

【0022】

10

【実施例】

本発明の鋼材の溶接継手における熱影響部の靱性向上方法の実施例を以下に示す。

<第1および第2の実施例>

なお、表1および表2が前述の第1および第2の実施形態に対応し、表3および表4が第3の実施形態に対応する実施例である。

表1に示す成分、板厚、強度の鋼材同士を突合せ溶接または隅肉溶接を行った。溶接方法は、表2に示すように、SAW溶接 (Submerged Arc Welding)、CO₂ 溶接 (CO₂ Arc Welding)、MAG溶接 (Metal Arc Welding) のいずれかとし、最終パス (隅肉溶接の場合には止端部に隣接するパス) により形成されたHAZ組織の結晶粒径 (長径の平均) を測定したところ、いずれも100 μm以上であった。

20

【0023】

次に、No. 1～No. 7の本発明例においては、ハンマー径φ10～30mmの超音波振動端子にて超音波衝撃処理を行ったところ、フュージョンラインに隣接し、最終の溶接パス (隅肉溶接の場合は止端部の近傍の溶接パス) によって形成されたHAZ組織の結晶粒径 (長径の平均) はいずれも、鋼材表面から2mm以上の深さまで溶接前の母材の結晶粒径相当の30 μm以下となり、その結果、いずれも平均170 J以上の高い靱性値を示した。

なお、No. 3、No. 5、No. 7では、超音波衝撃処理時に誘導加熱によって補助加熱を行った。

30

また、靱性の評価は、シャルピー衝撃吸収エネルギーにより、9本の試験片の平均値とした。

また、試験片は、HAZ部の表層部から採取して表面の黒皮を取って使用し、切り欠き位置はフュージョンライン (FL) とした。

次に、No. 8～No. 14の比較例においては、超音波衝撃処理を省略したところ、HAZ組織の結晶粒径 (長径の平均) はいずれも100 μm以上となり、その結果、いずれも110 J以下の低い靱性値を示した。

【0024】

<第3の実施例>

表3に示す成分、板厚、強度の鋼材同士を2パスの大入熱溶接を行った。

40

表3に示すNo. 25およびNo. 30以外の鋼材成分は、Ca、Mg等の微細酸化物を分散させて溶接入熱による結晶粒径の粗大化をピンニング効果で抑制する化学成分とした。

溶接方法は、表4に示すように、90 kJ/cmの大入熱溶接が可能なFAB (Flux Asbestos Backing) 溶接、FCB (Flux Copper Backing) 溶接、VEGA溶接 (Vibrated Electro-Gas Arc Welding)、SEG-ARC溶接 (Sinko Electro-Gas Arc Welding) 等の大入熱溶接方法を対象とし、止端部の融合不良長さを測定したところ、いずれも0.5 mm以上であった。

【0025】

50

次に、No. 21～No. 25の本発明例においては、ハンマー径 $\phi 10\sim 30\text{ mm}$ の超音波振動端子にて超音波衝撃処理を行ったところ、止端部の融合不良長さはいずれも0.1 mm以下となり、その結果、いずれも平均80 J以上の大入熱溶接としては高い靱性値を示した。

なお、No. 23およびNo. 25では、超音波衝撃処理時に誘導加熱によって補助加熱を行った。

また、靱性の評価は、シャルピー衝撃吸収エネルギーにより、9本の試験片の平均値とした。

また、試験片は、HAZ部の表層部から採取して表面の黒皮を取って使用し、切り欠き位置はフュージョンライン (FL) とした。

10

次に、No. 26～No. 30の比較例においては、超音波衝撃処理を省略したところ、止端部の融合不良の長さはいずれも0.5 mm以上となり、なり、その結果、いずれも40 J以下の低い靱性値を示した。

特に、No. 30は、大入熱溶接用の鋼材でないので、HAZ組織のFLに隣接する表面から2 mm以上の深さまでの各結晶の長径の平均は800 $\mu\text{ m}$ 以上と粗大であり、溶接の融合不良も存在するのでシャルピー吸収エネルギーは+20℃の試験温度でも9 Jと極めて低い値だった。

【表1】

10

20

30

40

表 1

化学成分(質量%)																			鋼板の基本特性			母材1/4部組織の観察倍率	
NO.	C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	Mo	Cu	Ni	Nb	V	Cr	B	Mo	t (mm)	Y _P (MPa)	T _S (MPa)	(μm)				
本発明例	1	0.10	0.26	1.18	0.006	0.003	0.026	0.009	0		0.02	0.12		0.0016		25	360	494	10				
	2	0.08	0.21	1.46	0.006	0.003	0.021	0.010	0.0004		0.02					80	240	304	12				
	3	0.06	0.27	1.38	0.006	0.004	0.011	0.008	0	0.40	0.41	0.03	0.05			70	420	532	7				
	4	0.04	0.18	1.44	0.008	0.005	0.022	0.015	0.0002	0.15	0.14	0.03	0.2	0.2		0.3	70	450	570	15			
	5	0.07	0.25	1.30	0.007	0.003	0.015	0.014	0.0017			0.02	0.1			40	550	688	25				
	6	0.04	0.11	0.92	0.008	0.005	0.022	0.015	0.0002		3.50	0.03	0.2	0.2		0.3	70	620	765	18			
	7	0.10	0.25	1.30	0.007	0.003	0.015	0.014	0.0017	1.00	0.80	0.02	0.1		0.0002		40	880	1127	12			
比較例	8	0.10	0.26	1.18	0.006	0.003	0.026	0.009	0		0.02	0.12		0.0016		25	360	494	10				
	9	0.08	0.21	1.46	0.006	0.003	0.021	0.010	0.0004		0.02					80	240	304	12				
	10	0.06	0.27	1.38	0.006	0.004	0.011	0.008	0	0.40	0.41	0.03	0.05			70	420	532	7				
	11	0.04	0.18	1.44	0.008	0.005	0.022	0.015	0.0002	0.15	0.14	0.03	0.2	0.2		0.3	70	450	570	15			
	12	0.10	0.25	1.30	0.007	0.003	0.015	0.014	0.0017			0.02	0.1			40	550	688	25				
	13	0.04	0.11	0.92	0.008	0.005	0.022	0.015	0.0002		3.50	0.03	0.2	0.2		0.3	70	620	765	18			
	14	0.10	0.25	1.30	0.007	0.003	0.015	0.014	0.0017	1.00	0.80	0.02	0.1		0.0002		40	880	1127	12			

【表 2】

10

20

30

40

表2

		溶接機手		超音波溶接処理		溶接機手		超音波溶接処理						
		溶接方法	機手の種類	溶接姿勢	入熱 (kJ/cm)	基板ハズのHAZ組織の結晶粒径 (μm)	処理の有無	ヘビ- 直径 (mm)	処理時の鋼板温度 (℃)	基板ハズのHAZ組織の結晶粒径 (μm)	切り欠き位置	試験温度 (℃)	日本の平均値 (μ)	日本の最低値 (μ)
NO	1	SAW	重合せ	下向き	30	120	有り	10	25	10	FL	-20	190	183
	2	SAW	重合せ	側向き	30	250	有り	10	35	8	FL	-20	210	174
	3	CO2	重合せ	側向き	25	180	有り	20	320	7	FL	-20	240	189
	4	SAW	重合せ	下向き	30	230	有り	30	60	12	FL	-40	185	163
	5	CO2	重合せ	下向き	120	180	有り	10	280	20	FL	0	178	126
本発明例	6	SAW	重合せ	下向き	30	230	有り	30	60	12	FL	-20	185	163
	7	MAG	重合せ	下向き	40	190	有り	10	250	7	FL	-20	258	205
	8	SAW	重合せ	側向き	30	120	なし			120	FL	-20	101	19
	9	SAW	重合せ	側向き	30	250	なし			250	FL	-20	82	21
	10	CO2	重合せ	側向き	25	180	なし			180	FL	-20	93	20
比較例	11	SAW	重合せ	下向き	30	230	なし			230	FL	-40	34	12
	12	CO2	重合せ	下向き	120	180	なし			180	FL	0	72	25
	13	SAW	重合せ	下向き	30	230	なし			230	FL	-20	82	32
	14	MAG	重合せ	下向き	40	190	なし			190	FL	-20	72	25

【表 3】

10
20
30
40

表3

化学成分(質量%)																		鋼板の基本特性			母材1/4部組織の結晶粒径	
																		抗張	引張強度の性質			
NO.	C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	Ca	N	Cu	Ni	Nb	V	Mo	Fe	B	Mo	t (mm)	Y.P. (MPa)	TS (MPa)	(μm)	
本発明例	21	0.09	0.26	1.18	0.002	0.002	0.026	0.012	0.0011	0.0033		0.02	0.12					15	390	494	8	
	22	0.87	0.21	1.46	0.001	0.001	0.021	0.012	0.0028	0.0041		0.02						25	410	519	10	
	23	0.07	0.27	1.36	0.002	0.001	0.011	0.010	0.0020	0.0028	0.40	0.41	0.03	0.05				35	420	532	7	
	24	0.05	0.18	1.44	0.002	0.002	0.022	0.013	0.0014	0.0046	0.15	0.14	0.03	0.2	0.0012			0.3	70	460	570	11
	25	0.10	0.25	1.30	0.003	0.001	0.015	0.012	0.0009	0.0031		0.02			0.0008			50	560	685	12	
	26	0.09	0.26	1.18	0.002	0.002	0.028	0.012	0.0011	0.0033		0.02	0.12			0.002		15	380	484	8	
	27	0.07	0.21	1.46	0.001	0.001	0.021	0.012	0.0028	0.0041		0.02						25	410	519	10	
比較例	28	0.07	0.27	1.36	0.002	0.001	0.011	0.010	0.0020	0.0028	0.40	0.41	0.03	0.05			0.3	35	420	532	7	
	29	0.05	0.18	1.44	0.002	0.002	0.022	0.013	0.0014	0.0046	0.15	0.14	0.03	0.2	0.0012			70	460	570	11	
	30	0.10	0.25	1.30	0.003	0.001	0.015	0.013		0.0010		0.02						50	550	686	12	

【表 4】

		溶接継手		超音波振動処理		溶接継手の特性		溶接継手の特性		溶接継手の特性					
		溶接方法	継手の種類	溶接姿勢	入熱 (kJ/cm)	溶接部のHAZ深さの 最大値 (μm)	溶接止端部の 融合不良長さ (mm)	処理の有無	処理の 深さ (mm)	処理時の 温度 (℃)	溶接止端部の 融合不良長さ (mm)	切り欠き 位置	試験温度 (℃)	9本の 平均値 (J)	9本の 最大値 (J)
NO.	21	FAB	縦合せ	下向き	80	180	1.4	有り	10	25	0.1	FL	-20	95	51
	22	FAB	縦合せ	下向き	120	240	1.2	有り	10	35	0	FL	-20	110	63
本発明例	23	FAB	縦内	下向き	170	230	0.9	有り	20	320	0	FL	-20	132	60
	24	VEGA	縦合せ	下向き	420	220	0.5	有り	30	60	0	FL	-40	84	92
	25	SEG-ARC	縦合せ	下向き	250	200	0.8	有り	10	250	0.1	FL	0	92	54
	26	FAB	縦合せ	下向き	90	160	1.4	なし			1.4	FL	-20	21	2
	27	FAB	縦合せ	下向き	120	240	1.2	なし			1.2	FL	-20	31	4
	28	FCB	縦内	下向き	170	230	0.9	なし			0.9	FL	-20	23	5
比較例	29	VEGA	縦合せ	下向き	420	220	0.5	なし			0.5	FL	-40	19	3
	30	SEG-ARC	縦合せ	下向き	250	200	0.8	なし			0.8	FL	20	9	5

表4

【0026】

【発明の効果】

本発明によれば、鋼材の溶接継手の止端部の近傍に、超音波振動端子による打撃処理または超音波振動鋼球によるショットピーニング処理を行うことにより、鋼材の多層溶接継手、隅肉溶接継手、1パスまたは数パスの大入熱溶接継手における熱影響部の靱性向上方法を提供することができ、産業上有用な著しい効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の鋼材の多層溶接継手における熱影響部の塑性向上方法である第 1 の実施形態を示す図である。

【図 2】図 1 における H A Z 部 5 の詳細図である。

【図 3】本発明の鋼材の隅肉溶接継手における熱影響部の塑性向上方法である第 2 の実施形態を示す図である。

【図 4】本発明の鋼材の 1 パスまたは数パスの大入熱溶接継手における熱影響部の塑性向上方法である第 3 の実施形態を示す図である。

【図 5】超音波衝撃処理または超音波ショットピーニング処理を行う前の融合不良部を示す図である。

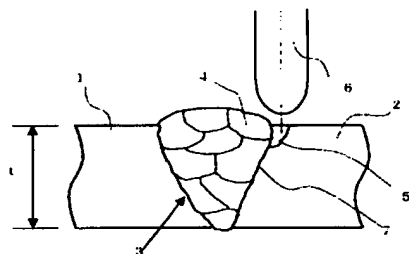
【図 6】超音波衝撃処理または超音波ショットピーニング処理を行った後の融合不良部を示す図である。

【符号の説明】

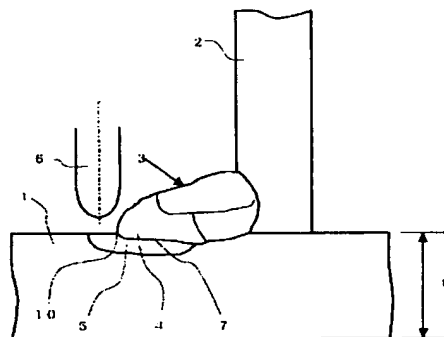
- 1：鋼材、
- 2：鋼材、
- 3：溶接金属、
- 4：溶接パス、
- 5：熱影響部（H A Z 部）、
- 6：超音波振動端子、
- 7：母材と溶接金属とのフュージョンライン（F L）、
- 8：フュージョンライン（F L）に隣接する結晶粒、
- 9：融合不良部（アンダーカット）、
- 10：止端部

20

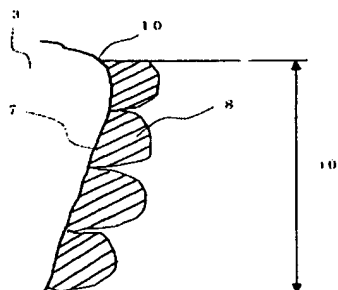
【図 1】



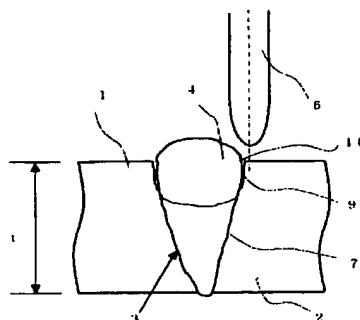
【図 3】



【図 2】



【図 4】



【図 5】



【図 6】



This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images
problems checked, please do not report the
problems to the IFW Image Problem Mailbox**